

MENU

SEARCH

INDEX

DETAIL

1/1



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number: 09257567

(43)Date of publication of application: 03.10.1997

(51)Int.Cl.

G01J 1/04

G01B 9/02

G02B 5/00

(21)Application number: 08066717

(71)Applicant:

FUJITSU LTD

(22)Date of filing: 22.03.1996

(72)Inventor:

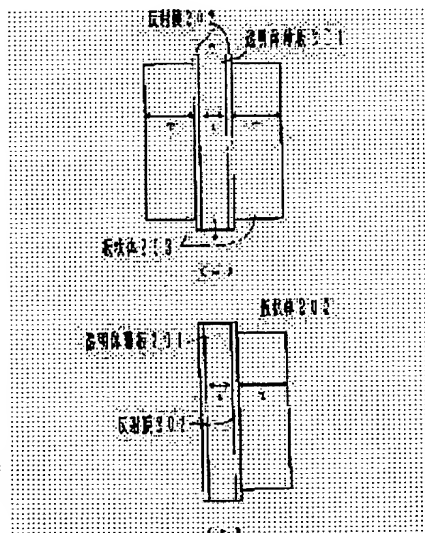
SHIRASAKI MASATAKA

(54) OPTICAL ELEMENT WITHOUT TEMPERATURE DEPENDENCY

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical element having the structure, of which characteristic is not changed by a change of temperature.

**SOLUTION:** Both surfaces of a transparent thin plate 201 are respectively provided with a reflecting film 202 so as to form an optical element. A plate-shaped material 203 made of the material having thermal expansion factor larger than that of the transparent thin plate 201 is adhered or air-tightly adhered to one surface or both surfaces of the transparent thin plate 201 over from the reflecting film 202. The transparent thin plate 201 is expanded with a temperature rise, and furthermore, stretched in the vertical direction by the plate-shaped material 203. With this structure, thickness (t) of the transparent thin plate 201 to be thickened by the expansion is shrunk, and a product of a refractive index of the transparent thin plate 201 and the thickness (t) of the transparent thin plate 201 is maintained constant, and a change of the characteristic of the optical element can be prevented. Material of the transparent thin plate 201 and the plate-shaped material 203 is selected among the optical glass so that the product of the refractive index and the thickness (t) of the transparent thin plate 201 is not changed by the work of the plate-shaped material 203.



---

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 24.03.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

---

Copyright (C); 1998 Japanese Patent Office

---

[MENU](#)[SEARCH](#)[INDEX](#)[DETAIL](#)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-257567

(43) 公開日 平成9年(1997)10月3日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 J	1/04		G 0 1 J 1/04	B
G 0 1 B	9/02		G 0 1 B 9/02	
G 0 2 B	5/00		G 0 2 B 5/00	Z

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平8-66717

(22) 出願日 平成8年(1996)3月22日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号

(72) 発明者 白▲崎▼ 正孝

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地  
富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 大曾 義之 (外1名)

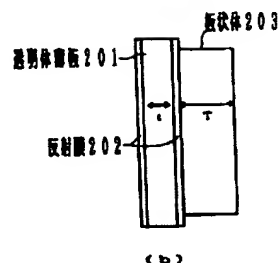
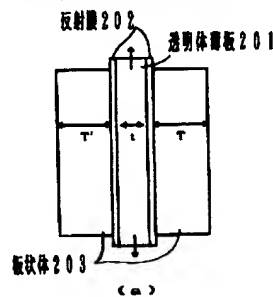
(54) 【発明の名称】 温度依存性のない光素子

(57) 【要約】

【課題】 温度の変化によって特性の変化しない構成を有する光素子を提供する。

【解決手段】 光に対して透明な透明体薄板201の両面には反射膜202を設けて光素子とする。この反射膜202の上から、透明体薄板201よりも熱膨張率の大きい材質でできた板状体203を片面あるいは両面に接着または密着する。温度の上昇により透明体薄板201は膨張するとともに、板状体203によって更に上下方向に引っ張られる。これにより、膨張により厚くなるべき透明体薄板201の厚さ $t$ は縮み、透明体薄板201の屈折率と透明体薄板201の厚さ $t$ との積は一定に保たれ、光素子の温度変化による特性の変化を防止することができる。また、透明体薄板201の屈折率と厚さ $t$ との積が板状体203の作用によって温度変化しないように透明体薄板201及び板状体203の材質を光学ガラスの中から選んで、光素子を構成する。

本発明の第1の実施例を示す図



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】両面に光を反射する反射膜を有する透明体薄板と、

該透明体薄板と異なる材質で構成され、該透明体薄板の少なくとも片面に密着された、前記透明体薄板よりも熱膨張係数の大きい板状体を有し、

温度変化によって生じる前記透明体薄板の厚さと屈折率との積の変化が、前記板状体の温度変化に伴って生じる体積変化によって前記透明体薄板が変形されることによって相殺され、前記透明体薄板の厚さと屈折率との積が近似的に不変に保たれることを特徴とする光素子。

【請求項2】前記透明体薄板と板状体は透明な材質または接着剤によって接着されていることを特徴とする請求項1記載の光素子。

【請求項3】前記透明体薄板と前記板状体とは、光を透過しない材質または接着剤によって、光の通過領域を除いて接着されていることを特徴とする請求項1記載の光素子。

【請求項4】前記透明体薄板と前記板状体の表面には金属膜が形成され、該金属膜の溶接によって前記透明体薄板と前記板状体とが接着されていることを特徴とする請求項3記載の光素子。

【請求項5】前記透明体薄板の厚さが前記板状体の厚さの5分の1以下の厚さであることを特徴とする請求項1記載の光素子。

【請求項6】前記板状体は、光に対して不透明な材質で構成され、光が前記透明体薄板へ入射し、もしくは前記透明体薄板から出射するための開口部を有することを特徴とする請求項1記載の光素子。

【請求項7】前記反射膜を有する前記透明体薄板はファブリペロー干渉計を構成することを特徴とする請求項1記載の光素子。

【請求項8】前記反射膜を有する前記透明体薄板はVIPA型素子を構成することを特徴とする請求項1記載の光素子。

【請求項9】前記透明体薄板の材質が光学ガラスからなることを特徴とする請求項1記載の光素子。

【請求項10】前記板状体の材質が光学ガラスからなることを特徴とする請求項1記載の光素子。

【請求項11】両面に反射膜を有する透明体薄板を有し、該透明体薄板の内部で光の多重反射を利用する光素子において、前記透明体薄板の厚さと屈折率の積が温度変化に対して近似的に不変に保たれることを特徴とする光素子。

【請求項12】前記透明体薄板は互いに密着された複数の薄板からなり、各薄板の厚さと屈折率の積の合計が温度に対して近似的に不変に保たれることを特徴とする請求項11記載の光素子。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光素子に係り、特に、光素子の特性が温度によらない構成に関する。

【0002】

【従来の技術】最近の高速通信網の整備に伴って、光通信の実用化のための研究開発が盛んに行われている。このような光通信においては、高速で大量の信号を伝送する必要がある、その一方法として波長分割多重方式が有力視されている。波長分割多重方式においては、搬送波の波長の異なる信号を狭い帯域に出来るだけ多く収納することによって、一度に送信する情報量を多くしようとする試みが行われている。

【0003】従って、異なる搬送波の波長を有する異なるチャネルの波長は、互いに非常に接近しており、これら互いに接近した波長を有するチャネルの信号を正しく送受信するためには、光通信網に使用される光素子の性能が問題となる。特に、異なるチャネルの波長が接近している場合には、光素子の波長に対する特性が安定していることが必要であり、わずかな特性の変化が光信号の送受信の質を劣化させる。

【0004】図7は、従来の光素子とこれらが有する問題点を説明する図である。同図(a)に示されるのは、ファブリペロー干渉計の構成図である。ファブリペロー干渉計は、透明体で構成されたスペーサ705の両面に反射膜703と704を形成したものである。反射膜703と704の反射率は例えば、それぞれ95%である。また、同図(a)の構成においては、スペーサ705を使用しているが、必ずしもスペーサ705を使用する必要はなく、反射能を持つ面を互いに平行に保持することができれば、ファブリペロー干渉計として機能する。但し、一般には、製造のし易さや構造上の安定度等からスペーサ705が使用されるのが普通である。

【0005】このようなファブリペロー干渉計に入射光701が入射すると反射膜703と704の間で多重反射を起こし、反射されない一部の光が出射光702として出力される。出射光702側では、多重反射の度に出射される出射光702が互いに干渉しあい、強め合う条件を満たした波長の光のみが出射光702側に光束を作って出射され、その他の波長の光は弱め合って、光束を形成しない。この光束を検出することによって、複数の波長が重ね合わされた入射光701から特定の波長の光を取り出すことができる。

【0006】同図(b)は、光分波器の例である。同図(b)の光分波器は透明体からなるスペーサ708と、その両面に設けられた反射膜706、707と、入射光710が入射する入射窓709とからなっている。反射膜706、707の反射率は、例えば、反射膜706が100%で、反射膜707が95%である。入射窓709から入射される入射光710は、入射窓709のあたりで一旦線状に集光されスペーサ708内部を広がりながら伝搬し、多重反射を起こす。反射膜707側からは

多重反射の度に一部の光が出射光 711 として出力される。出射側では、多重反射の度に出射される出射光 711 が互いに干渉しあい、波長に依存して異なる方向に光束を形成する。このようにして形成される光束を受光することによって、複数の波長が重ね合わされて送信されてきた入射光 710 をそれぞれの波長に分けて受光することができる。

【0007】このような光分波器はスペーサ 708 を使用しているが、ファブリペロー干渉計と同様に反射膜 706、707 を互いに平行に保つことができれば特に必要ではないが、一般にスペーサ 708 の両面に反射膜 706、707 を設けるのが普通である。

【0008】同図 (b) で述べた光分波器の詳細については特願平 7-190535 号に記載されており、上記特許出願に記載された光素子を VIPA 型素子と呼ぶことにする。なお、VIPA 素子の詳細については、MOC 95 学会 マイクロ옵ティクス コンフェレンス 広島 PD-3 10月20日発表の文献に記載されている。

【0009】同図 (c) は、ファブリペロー干渉計の透過率を波長に対して記載したものである。同図 (c) に示されているように、ファブリペロー干渉計は、特定の条件を満たす波長の光を透過する性質を有している。ところが、ファブリペロー干渉計の周囲の温度等の条件が変化すると素子自体の特性も変化し、透過する光の波長が、同図 (c) の点線で示されるようにずれてしまう。従って、受光側でファブリペロー干渉計を介して受信する光の波長が変わってしまうので、光システムが正常に働かなくなる可能性を有している。これは VIPA 型素子についても同様のことが起こり、それぞれの波長を有する光が出力される方向が変化するという現象を生じる。

#### 【0010】

【発明が解決しようとする課題】図 7 (c) に関して述べたように、光素子の特性が温度の変化によって変わり、得るべき作用が得られなくなることが生じる。これは、ファブリペロー干渉計や VIPA 型素子に共通に使用されている透明体のスペーサ 704 あるいは 708 が温度の上昇によって膨張することによる。スペーサ 704 あるいは 708 が膨張すると、ファブリペロー干渉計や VIPA 型素子の反射膜間が広がると共に、屈折率も変化し、光が多重反射する間に通過する光学的距離が変化するので、素子自体の特性も変化してしまう。例えば、ファブリペロー干渉計や VIPA 型素子のスペーサとして  $\text{SiO}_2$  を使用した場合、温度が 1 度上がる毎に厚さの変化はほとんどないが、屈折率の変化が  $10^{-5}$  程度あるので、スペーサの厚さが 1500 nm であるとなると、10 度温度が上がったときの屈折率と厚さの積（光学的距離）の変化は 0.15 nm に達し、無視できない大きさとなる。

【0011】従って、本発明の課題は、温度の変化によって特性の変化しない構成を有する光素子を提供することである。

#### 【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の光素子は、両面に光を反射する反射膜を有する透明体薄板と、該透明体薄板と異なる材質で構成され、該透明体薄板の少なくとも片面に密着された、透明体薄板よりも熱膨張係数の大きい板状体を有し、温度変化によって生じる透明体薄板の厚さと屈折率との積の変化が、板状体の温度変化に伴って生じる体積変化によって透明体薄板が変形されることによって相殺され、透明体薄板の厚さと屈折率との積が近似的に不変に保たれることを特徴とする。

【0013】透明体薄板が温度の上昇に伴って膨張を起こし、厚さが厚くなるとともに、屈折率も変化しようとしたとき、同時に透明体薄板に密着された板状体も膨張する。板状体の熱膨張係数は透明体薄板よりも大きいので、膨張する大きさも大きく、透明体薄板を引っ張って膨張することになる。透明体薄板は板状体によって引っ張られるので、機械的に透明体薄板が引き延ばされるようになる。この機械的に引き延ばされる効果により、温度上昇により変化した透明体薄板の厚さと屈折率との積の値の変化が相殺され、近似的に不変に保たれる。

【0014】透明体薄板の両面にある反射膜で反射する光が伝搬する光学的距離は透明体薄板の厚さと屈折率との積によるので、これが温度によって不変に保たれることにより、透明体薄板を利用した光素子の特性も不変に保たれることになる。

【0015】また、温度が下がる場合には透明体薄板が収縮を起こすが、これに伴い、厚さが薄くなる。しかし、透明体薄板に密着された板状体は透明体薄板よりも更に収縮し、透明体薄板を更に収縮させる。これにより、透明体薄板の厚さは厚くなり、結果として、温度の上昇の場合と同じように、透明体薄板の厚さと屈折率との積が近似的に、温度変化に対し不変に保たれる。

#### 【0016】

【発明の実施の形態】図 1 は、本発明の実施例の原理を説明する図である。同図に示されるのはファブリペロー干渉計や VIPA 型素子のスペーサとして用いられる透明体薄板 100 である。本発明の実施例においては、この透明体薄板 100 に熱膨張係数が透明体薄板 100 のそれよりも比較的大きな別の材料で構成された板状体（不図示）を接着もしくは密着する。これにより、スペーサである透明体薄板 100 が熱によって膨張し、薄板の厚さが変わって光の通る光路長が変化しようとしたとしても、熱膨張係数の大きな板状体の膨張により、透明体薄板の光路長の変化を相殺するように構成する。

【0017】すなわち、図 1 の透明体薄板 100 の上下両面あるいは上面か下面のいずれかの面に熱膨張係数が

透明体薄板100よりも大きな板状体（不図示）を接着あるいは密着した場合を考える。

【0018】ここで、透明体薄板の熱膨張係数を $\alpha_1$ 、屈折率の温度係数を $n_1$ 、ポアソン比（力学的に縦方向に単位長さ伸びたときの物体の横縮みの大きさ）を $\sigma$ 、屈折率の歪み係数の平行成分を $P_1$ 、垂直成分を $P_2$ とする。なお、屈折率の歪み係数の平行成分は、光の偏波方向に対し平行な方向に歪みを受けた場合の屈折率の変化の割合を示し、垂直成分は、光の偏波方向に対し垂直な方向に歪みを受けた場合の屈折率の変化の割合を示し、

また、透明体薄板100に接着または密着された板状体の熱膨張係数を $\alpha_2$ 、とする。

\*

$$\begin{aligned}\frac{\Delta(nt)}{nt} &= \frac{(n + \Delta n) \cdot (t + \Delta t) - nt}{nt} \\ &= \frac{\Delta n}{n} + \frac{\Delta t}{t} + \frac{\Delta n \cdot \Delta t}{nt} \\ &\approx \frac{\Delta n}{n} + \frac{\Delta t}{t} \quad (\because \frac{\Delta n \cdot \Delta t}{nt} \approx 0)\end{aligned}$$

.....(1)

【0022】であるから、温度の変化に従って生じる $nt$ の変化の割合 $\Delta(nt)/nt$ は、屈折率の変化の割合と透明体薄板100の厚さの変化の割合とを加えたものになる。

【0023】次に、温度が1度上昇した時の各値を以下に求める。まず、熱膨張係数が大きい板状体が設けられていない場合の透明体薄板100の厚さと屈折率との積 $nt$ の変化の割合は、 $\alpha_1 + n_1$ となる。

【0024】次に、熱膨張係数が大きい板状体が設けられているために透明体薄板100が板状体に引っ張られて厚さと屈折率との積 $nt$ が変化する量を求める。先ず、板状体が膨張することによって透明体薄板100がよけいに引き延ばされる割合は $\alpha_2 - \alpha_1$ であり、これによる透明体薄板100の厚さの減少は $\sigma_0$  ( $\alpha_2 - \alpha_1$ )となる。ここで、 $\sigma_0 = 2\sigma / (1 - \sigma)$ である。この $\sigma_0$ は、透明体薄板100が2次的に広がることを考慮して得られたもので、 $\sigma$ の無限等比級数の和によって表され、係数の「2」は、2次的に引っ張る場合に2方向あることを反映している。

【0025】次に、透明体薄板100が引っ張られることによる透明体薄板100の屈折率の変化の割合を求め、光の偏波方向が図1に示されるようになっていたと※

$$\begin{aligned}\frac{\Delta(nt)}{nt} &= \alpha_1 + n_1 - (\alpha_2 - \alpha_1) \\ &\quad \times (\sigma_0 + P_1 + P_2 \times (1 - \sigma_0)) \quad \dots\dots(2)\end{aligned}$$

【0029】このようにして求められた式(2)が近似的に零になるならば、温度変化に対し透明体薄板100の光学距離は変化しないことになる。従って、透明体薄板100を使用した光素子は温度により特性を変化さ

【0019】ここで、ファブリペロー干渉計やVIPA型素子の特性の変化は、透明体薄板100の膨張による光学距離の変化であったので、これを一定にするようにする。そこで、今、図1の透明体薄板100の厚さを $t$ とし屈折率を $n$ とすると、光学距離は $nt$ に依存する。従って、温度の変化に従って生じる $nt$ の変化の割合 $\Delta(nt)/nt$ を近似的に零になるようにすれば、光学距離の変化をほぼ零にすることができる。

【0020】温度の変化に従って生じる $nt$ の変化の割合 $\Delta(nt)/nt$ は、式で表すと、

【0021】

【数1】

※すると、(A)の方向への伸びは $(\alpha_2 - \alpha_1)$ となる。この方向は、光の偏波方向と同じ方向であるので、屈折率の変化の割合は、 $-P_1(\alpha_2 - \alpha_1)$ となる。

【0026】次に、(B)方向の伸びによる屈折率の変化の割合は、(B)の方向が光の偏波の方向に対し垂直な方向であるので、 $-P_2(\alpha_2 - \alpha_1)$ となる。更に、(C)方向の縮みによる屈折率の変化の割合は、

(C)の方向も光の偏波の方向に対し垂直な方向であるので、 $P_2(\alpha_2 - \alpha_1)$ となる。ここで、 $\sigma_0$ を掛けているのは、(A)、(B)方向の2次的な伸びに対する厚さの縮む割合に相当するからである。

【0027】 $P_1$ 、 $P_2$ は縮みに対する係数として定義されているので(A)、(B)のように伸びに対しての場合はマイナス符号であり、(C)ではプラス符号である。以上で屈折率の変化の割合と厚さの変化の割合とのそれぞれの原因による量を求めることができたので、これらを足し合わせて、透明体薄板100の光学距離の変化の割合 $\Delta(nt)/nt$ を式(1)に従って求めると以下ようになる。

【0028】

【数2】

せないものが得られることになる。すなわち、式(2)を近似的に零にするように光素子を構成する材質を選ぶことによって、温度上昇による特性の変化のない光素子を形成できる。

【0030】例えば、実施例として具体的数値を示す。板状体の熱膨張係数 $\alpha_2 = 14 \times 10^{-6}$ とし、透明体薄板100の熱膨張係数を $\alpha_1 = 5.9 \times 10^{-6}$ 、ポアソン比を $\sigma = 0.293$ 、屈折率の温度係数を $n_1 = 2. \times$

$$1.3 \times 10^{-4} - (P_1 + 0.2 \times P_2) \times 8 \times 10^{-6} \dots\dots(3)$$

【0032】となり、 $P_1$ や $P_2$ が0.14程度であれば、ほぼ零になる。これは、上記具体的数値例に近い値の材質を多種類ある光学ガラスから選ぶことによって、実際に実現することができる。なお、上記数値例は、あくまで例であり、式(2)を満たすように材料を選べば、どのような材質を使用してもよい。

【0033】多種類ある光学ガラスは、熱膨張係数が $5 \sim 14 \times 10^{-6}$ (例外的に、熔融石英の場合は0.5)、ポアソン比が0.2~0.3(例外的に、熔融石英の場合は0.16)、屈折率の温度係数が $1 \sim$ 約 $5 \times 10^{-6}$ 、屈折率の歪み係数が平行成分、垂直成分共に0.1~0.3程度となっているので、上記具体的数値例は光学ガラスを選定することによって、実現が可能である。また、上記数値例にパラメータの数値が一致していなくても式(2)をほぼ零にするような材質を選んで光素子を構成すれば、温度依存性のない光素子を形成することができる。

【0034】図2は、本発明の第1の実施例を示す図である。同図(a)は、ファブリペロー干渉計に板状体を接着し、前述のようなパラメータを有する光学ガラスを透明体薄板201と板状体203に使用したものである。ファブリペロー干渉計は透明体薄板201と反射膜202とからなっており、両反射膜の設けられている面に板状体203を設けた構成である。なお、図2の構成においては、板状体203は透明な材質でできていると

【0035】このような構成によれば、温度の上昇に伴って透明体薄板201が膨張して厚さ $t$ が厚くなろうとし、また、屈折率 $n$ が増加しようとするが、板状体203が透明体薄板201よりも大きく膨張するために、透明体薄板201は、矢印に示されるように、機械的に外側へ引っ張られ厚さを薄くされる。これにより、厚さ $t$ と屈折率 $n$ の積の上昇が打ち消されて光学的距離が一定に保たれる。

【0036】透明体薄板201の厚さは使用する光の波長によって適宜選択されるが、実際的には $50 \sim 100 \mu m$ 程度の厚さである。また、板状体203の厚さは、両方が同じ厚さである必要はないものの、同じ厚さであることが好ましく約2mm程度に構成する。このように、透明体薄板201の厚さ $t$ よりも板状体203の厚み( $T$ または $T'$ )をかなり厚くするのは、透明体薄板201が板状体203に引っ張られるときに、透明体薄板201が縮もうとする力が勝らないようにするからである。透明体薄板201が縮もうとする力が、板状体203が透明体薄板201を引っ張る力より勝ると、透明

\*  $1 \times 10^{-6}$ とすると、式(2)の値は、

【0031】

【数3】

体薄板201が引っ張られず、光学的距離を一定に保つことが出来なくなってしまう。

【0037】光学的距離を温度変化に対して一定に保つためには、このように板状体203の厚さが透明体薄板201よりも厚い必要があるが、板状体203の厚さは透明体薄板201の厚さの5倍程度であれば、図1で説明した効果を得ることができる。特に、好ましくは板状体203の厚さは透明体薄板201の10倍から20倍である。

【0038】また、板状体203は、反射膜202の上から接着するのが一般的であるが、反射膜202の表面及び板状体203の表面を非常に平らに研磨することによって、オプティカルフラットを形成し、互いに密着させるだけでも板状体203を取りつけることができる。オプティカルフラットを形成した面を密着すると面と面の隙間が無くなり、接着剤で接着したように互いがくっついてしまうので、板状体203と反射膜202の接触する面がオプティカルフラットに形成できる場合には特に、接着剤等を用いて接着する必要はない。

【0039】同図(b)は、ファブリペロー干渉計の片面にのみ透明な板状体203を設けた構成である。このように、光素子を設ける条件により板状体203を透明体薄板201の両面に設けることができない場合にも、片面だけに板状体203を設けることにより、上記と同じ効果を得ることができる。このときも透明体薄板201の厚さ $t$ は板状体203の厚さ $T$ に比べて薄く、 $T$ のほうが $t$ よりも5倍以上厚いことが好ましい。

【0040】なお、上記説明においては、ファブリペロー干渉計の構成を前提に述べたがVIPA型素子の場合にも同様に作用を有する。すなわち、VIPA型素子の場合には同図(a)及び(b)において、反射膜202の片面に光の入射窓を設け、反射膜202の片方の面を反射率100%、他方の面を95%程度とすることにより構成できる。

【0041】図3は、本発明の第2の実施例を示す図である。同図においても、先に導いた式(2)を満たすように材料を選定して、構成する。同図の構成においては、透明な板状体203の面積を透明体薄板201よりも大きく形成している。透明体薄板201の両面には図2と同様に反射膜202が設けられており、ファブリペロー干渉計を形成している。また、前述したように、反射膜202の片面を反射率100%とし、もう片面を反射率95%として、反射膜202の一部に光の入射窓を設けることによりVIPA型素子を形成することができる。



【0042】透明体薄板201の厚さは典型的には50～100 $\mu$ mであり、板状体203の厚さの5分の1以下となるように板状体203の厚さを設定する。実際には、この板状体203の厚さは2mm程度にするのが適当である。同図(a)には、板状体203を透明体薄板201の両面に設けている。このようにすることによって、透明体薄板201は温度の変化に伴い、両側にある板状体203が膨張するのに引っ張られて引き延ばされる。

【0043】本構成においては、板状体203を透明体薄板201の面積よりも大きく形成しているのので、板状体203が透明体薄板201を引っ張る力がより強くなり、図1で説明した作用をより確実に達成することができる。

【0044】同図(b)は透明な板状体を透明体薄板の片面に設けた構成を示す。このような構成は、板状体203が透明体薄板201を引っ張る力が片面に偏るが、熱膨張による伸びは非常に小さいので板状体203と透明体薄板201が反射膜202を介して全面的にしっかりと接着されていれば、特に問題なく同図(a)の構成と同じ作用を得ることが出来る。

【0045】この場合も、板状体203の厚さTは透明体薄板201の厚さtの5倍以上に形成する。板状体203の材料としては前述の光学ガラスから選ぶか、他の光透過性を有する熱膨張係数の大きいものを選ぶ。このような構成においては、例えば、入射光204が反射膜202の片面から入力され、透明体薄板201内部で、多重反射を繰り返しながら、出射光205として出射される。出射光205は板状体203内部を通過してくる必要があるのので、同図(b)に示すような構成において、光透過性を有する材質を選ぶ必要がある。

【0046】同図(a)、(b)のいずれにおいても、板状体203を透明体薄板201よりも接着面側の面積を大きくとっているのので、熱膨張の際に透明体薄板201を引っ張る力が透明体薄板201の全面に渡って働き、より効率よく光学的距離の変化の補償を行うことができる。

【0047】図4は、本発明の第3の実施例を示す図である。同図においては、透明な板状体401と、反射膜202が設けられた透明体薄板201とを金属の溶着で接着したものである。この場合には、反射膜202の外側に薄い金属層を蒸着等により形成するとともに、板状体401の透明体薄板201に接する面に金属層を蒸着等で形成し、板状体401の金属膜と反射膜202に蒸着された金属膜とをはんだ等で接着する。

【0048】このような場合には、金属膜が光を透過しないので、透明体薄板201に光を入射するための光入射口404を設ける。同図(b)に示す例においては、中央の光入射口404を除いて金属膜405が設けられている、このような場合においても、透明体薄板201

が熱によって膨張する場合に、はんだ等で接着された板状体401も膨張し、透明体薄板201を更に面積方向に引っ張って、光学的距離を一定に保つ。このような金属膜405を使用して接着する場合には、金属膜405の接着が、接着剤を用いたり、オプティカルフラットに面を仕上げて、密着する場合よりも信頼性の高い接着を行うことができる。

【0049】また、金属膜を設けず、接着剤で接着するのみの場合においても、不透明な接着剤を使用する場合には、同図(b)に示すように、光入射口404を設けて、この部分は不透明な接着剤が付かないようにする。

【0050】このように、金属膜を溶着する場合や不透明な接着剤を使用する場合には、光の通り道を確保しておかなくてはならない。従って、この光入射口404の部分は、接着されないことになるが、光入射口404の周囲がしっかりと接着されるので、板状体401が透明体薄板402を引っ張る際の効果には、変わりがない。従って、図1で説明したように、温度による特性の変化のない光素子を形成することができる。

【0051】なお、同図(a)、(b)においては、透明体薄板201の両側に板状体401を設ける構成のみを示したが、図2や図3で示したように、透明体薄板201の片側のみに板状体401を設ける構成としてもよい。このような場合にも光入射口404を板状体401に設ける。この光入射口404の形成方法は、板状体401が透明な材質でできている場合には、金属膜あるいは不透明な接着剤を光入射口404となる部分のみを避けて板状体401あるいは透明体薄板201に設けるあるいは塗布するようにすればよい。なお、図4(b)においては、円形状に光入射口404が設けられているが、必ずしもこのような形状にする必要はない。

【0052】図5は、板状体として光に対し不透明な材質を使用した場合の第4の実施例を示す図である。同図(a)、(b)に示す構成は、図4で示した構成と基本的に同じである。すなわち、透明体薄板201の両面に反射膜202を設けたファブリペロー干渉計あるいはVIPA型素子の両面に、透明体薄板201よりも熱膨張係数の大きい不透明な板状体501を接着あるいは密着する。この場合、板状体501は不透明なので、透明体薄板201に光を導くため、光出射口504及び光入射口505を設ける。図4の場合には、板状体501は透明であったため金属膜あるいは接着剤を光の通り道をあけるように設ける、あるいは塗布すればよかったが、同図(a)、(b)に記載した構成の場合には、板状体501自身が不透明なので、入射光が入射する光入射口505と、出射光が出力される光出射口504を、板状体501に穴を開けることによって形成する。

【0053】同図(a)に側面図として示されているように、入射光は光入射口505から入射し、透明体薄板201内部で多重反射し、多重反射する度に出射光が光



出射口504から出力される。出射光は互いに干渉し、ファブリペロー干渉計の場合には、特定の波長の光が光束として得られ、VIPA型素子の場合には光束が波長によって異なる方向に形成される。

【0054】このように光入射口505及び光出射口504が設けられていることにより、透明体薄板201と板状体501の接触面積が狭くなるが、板状体501の厚さが透明体薄板201よりも5倍以上厚く形成されているので、図1に説明した作用は問題なく達成される。

【0055】同図(b)には、正面図が示されており、光入射口505が設けられている構成が示されている。同図(b)では、光入射口505の形状が円形に形成されているが、必ずしも円形に限らず、素子の利用の仕方によって、様々な形状が可能である。また、板状体501の面積は透明体薄板201の面積よりも小さくなっているが、透明体薄板201の面積よりも大きく形成してもよい。

【0056】以上の図2から図5までの具体的構成例においては、透明体薄板や板状体は、その形状が直方体形に構成されているものを示したが、必ずしもこのような形に限らず、素子の利用の仕方によって様々な形状に形成してもよく、このような場合においても図1で説明した作用は同様に得ることができる。

【0057】また、いずれの実施例においても、透明体薄板201や板状体の材質は式(2)が近似的に零になるようなパラメータを有する材質を選んで構成する。図6は、本発明の第5及び第6の実施例を説明する図である。

【0058】同図(a)は2枚の異なる材質の薄板を張り合わせた構成を示しており、透明体薄板601の片面と透明体薄板602の片面にそれぞれ反射膜604を有しており、ファブリペロー干渉計やVIPA型素子を形成可能となっている。

【0059】このように、透明体薄板601と透明体薄板602を張り合わせた構成においては、例えば、透明体薄板601を光学的距離の温度上昇による変化が正の材質を使用し、透明体薄板602には光学的距離の温度上昇による変化が負の材質を使用する。ここで、光学的距離とは近似的に透明体薄板601あるいは602の厚さと屈折率との積をとったもので表すことができる。そして、光学的距離の温度による変化を透明体薄板601と透明体薄板602とで互いに打ち消し合い、透明体薄板601と透明体薄板602を張り合わせた全体の薄板としては温度変化による特性の変化が起こらないように構成することが可能である。

【0060】同図(b)は、厚さと屈折率の積の変化分が近似的に零になる材質を選んで透明体薄板603とし、透明体薄板603の両面に反射膜604を設けたものである。このように、厚さ $t$ と屈折率 $n$ との積が温度によって変化しない材質を使用することによって、透明

体薄板603に板状体を接着または密着することなしに、温度依存性のない光素子を形成することができる。

【0061】同図(a)に使用する物質としてはポリマ材料としてPMMAが考えられる。PMMAは熱膨張係数が $7 \times 10^{-5}$ であり、屈折率の温度変化の割合 $\Delta n/N = -7 \times 10^{-5} \sim -15 \times 10^{-5}$ となっており、 $\Delta n/N$ が $-7 \times 10^{-5}$ より小さい場合は屈折率と厚さの積の温度変化が負になるので、同図(a)に示すような透明体薄板602として使用可能である。また、PMMAの屈折率の温度変化の割合が $-7 \times 10^{-5}$ であるときは、熱膨張係数が $7 \times 10^{-5}$ であるので、屈折率と厚さの積の温度変化としては、互いに打ち消し合って、ほぼ零になるので同図(b)の透明体薄板603として使用が可能である。

【0062】なお、上記の説明においては、ファブリペロー干渉計あるいはVIPA型素子を前提に説明したが、これ以外の多くの光素子にも応用が可能である。

【0063】

【発明の効果】透明体薄板に、透明体薄板よりも熱膨張率の高い板状体を張り合わせることによって、透明体薄板の厚さと屈折率との積を温度変化に対して変化しないようにすることができる。

【0064】また、透明体薄板の厚さと屈折率との積を温度変化に対して変化しないようにするための材料は、一般的な光学ガラスとよばれる多種類あるガラスの中から選ぶだけでよいので、特別な材料を開発する必要もなく、手軽に温度依存性のない光素子を形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例の原理を説明する図である。

【図2】本発明の第1の実施例を示す図である。

【図3】本発明の第2の実施例を示す図である。

【図4】本発明の第3の実施例を示す図である。

【図5】本発明の第4の実施例を示す図である。

【図6】本発明の第5及び第6の実施例を説明する図である。

【図7】従来の光素子とこれらが有する問題点を説明する図である。

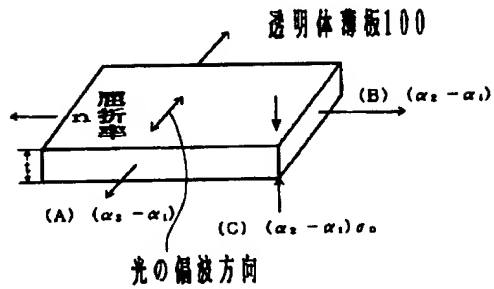
【符号の説明】

100、201、601、602、603	透明体薄板
202、703、704、706、707	反射膜
203、401、501	板状体
204、701、710	入射光
205、702、711	出射光
404	光入射口
405	金属膜
504	光出射口
505	光入射口

【図1】

【図2】

本発明の実施例の原理を説明する図

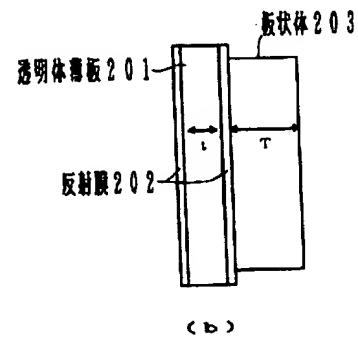
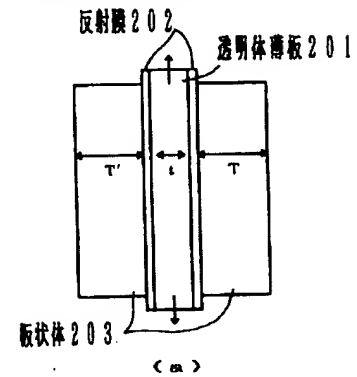


屈折率の変化

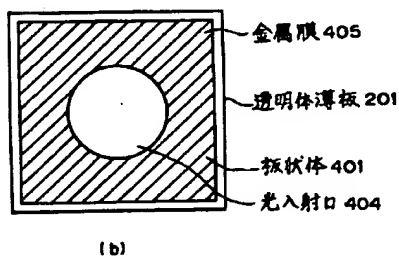
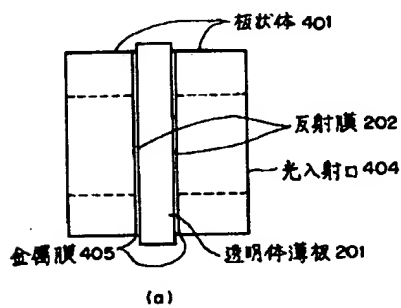
$$\begin{cases} (A) -P_1 (\alpha_2 - \alpha_1) \\ (B) -P_2 (\alpha_2 - \alpha_1) \\ (C) P_3 (\alpha_2 - \alpha_1) s_0 \end{cases}$$

【図4】

本発明の第1の実施例を示す図

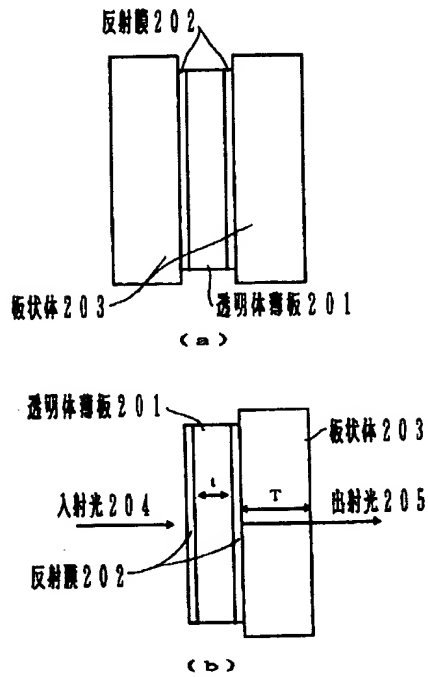


本発明の第3の実施例を示す図



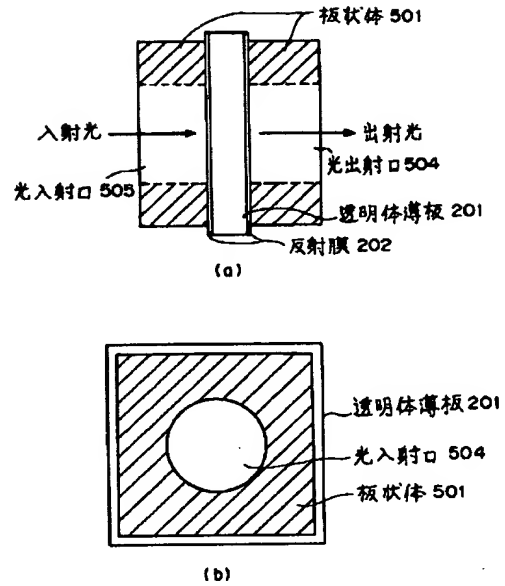
【図3】

本発明の第2の実施例を示す図



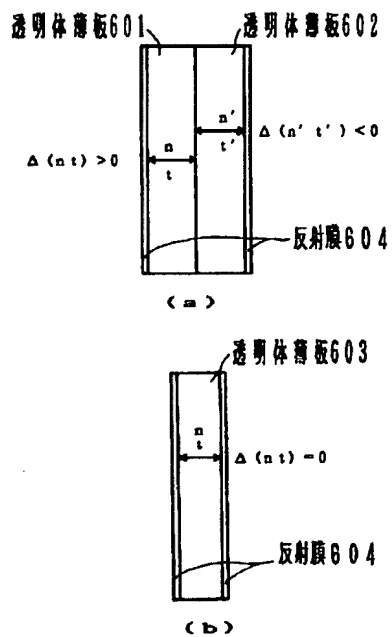
【図5】

本発明の第4の実施例を示す図



【図6】

本発明の第5及び第6の実施例を示す図



【図7】

従来の光素子とこれらとが有する問題点を説明する図

